

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЕМ ПЕРЕД ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКОЙ НА ТЕКСТУРУ И СТРУКТУРУ ЛИСТА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

Милютин В.А.

Руководитель – д.ф.-м.н Гervasьева И.В.

ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург

Milutin.V.A@gmail.com

Холоднокатаная анизотропная электротехническая сталь, представляющая собой технический сплав Fe-3%Si, после окончательной обработки характеризуется крупным размером зерна 5 – 15 мм и достаточно острой ребровой кристаллографической текстурой $\{110\}<001>$. Степень совершенства этой текстуры определяет магнитные свойства стали и зависит от целого ряда факторов. Одна из традиционных технологий производства электротехнической стали включает в себя следующую последовательность операций: горячая прокатка сляба, отжиг горячекатаной полосы при температуре около 900°C, первая холодная прокатка со степенью деформации 70-75%, рекристаллизационный отжиг 800°C, вторая холодная прокатка 50-60%, обезуглероживающий рекристаллизационный отжиг около 800°C, длительный высокотемпературный отжиг при температуре 1150°C, в результате которого при вторичной рекристаллизации формируется окончательная крупнозернистая структура и кристаллографическая текстура $\{110\}<001>$.

Степень совершенства ребровой текстуры в значительной степени определяется объемной долей определенных текстурных компонент в многокомпонентной текстуре первичной рекристаллизации, формирующейся в процессе обезуглероживающего отжига. В работах сотрудников ИФМ УрО РАН В.В. Губернаторова и И.В. Гervasьевой показано, что увеличение содержания компонент $\{111\}<112>$ и $\{113\}<361>$ в текстуре первично рекристаллизованной матрицы резко повышает скорость роста ребровых зерен $\{110\}<001>$ при вторичной рекристаллизации. Этому же способствует понижение содержания кубической компоненты $\{001\}$ в текстуре первичной рекристаллизации. С другой стороны, в работе этих же авторов установлено, что включение в схему производства стали деформации растяжением перед холодной прокаткой приводит к улучшению показателей рассеяния ребровой текстуры в готовой стали. В этой работе такое явление объяснялось улучшением характеристик рассеяния слабой ребровой компоненты в текстуре первичной рекристаллизации. Можно предположить, однако, что дополнительная деформация растяжением будет усиливать в текстуре деформации листа компоненты ограниченной аксиальной текстуры с направлением $<110>$, параллельным направлению прокатки, т.к. в ОЦК металлах это направление является стабильным для деформации растяжением. Установлено, что после высоких степеней деформации прокаткой на базе областей рассеяния этой компоненты образуются компоненты текстуры первичной рекристаллизации, в том числе и

благоприятные для развития острой ребровой текстуры компоненты $\{111\}\langle 112 \rangle$ и $\{113\}\langle 361 \rangle$.

В настоящей работе предпринята попытка изучить, как влияет дополнительная деформация растяжением, а также скорость этой деформации на текстуру и структуру после первичной рекристаллизации электротехнической стали.

Образцы размером 30 x 300 мм были вырезаны из заводского листа электротехнической стали после первой холодной прокатки и рекристаллизационного отжига. Образцы подвергались растяжению на испытательной машине Instron с разной скоростью: 0,00015; 0,25; 0,5; 0,75 и 1,1 1/сек. Степень деформации во всех случаях составляла 20%. Затем все образцы были прокатаны вхолостую до толщины 0,30 мм. До этой же толщины прокатывался образец без растяжения (контрольный). Далее образцы отжигались в вакууме при температуре 800°C 30 минут.

Исследование текстуры проводилось на всех стадиях обработки образцов с помощью функций распределения ориентаций по Бунге. Для этого значения полюсной плотности четырех неполных полюсных фигур $\{110\}$, $\{200\}$, $\{112\}$ и $\{220\}$, полученных рентгеновским методом, пересчитывались по специальной программе в ориентационную плотность относительно углов Эйлера (φ_1 , Φ , φ_2).

На рис.1а представлено сечение ФРО при $\varphi_2=45^\circ$ для контрольного листа после окончательной прокатки. В этом сечении расположены почти все основные компоненты текстур деформации и рекристаллизации ОЦК металлов. Положение некоторых идеальных компонент представлено на рис.1б.

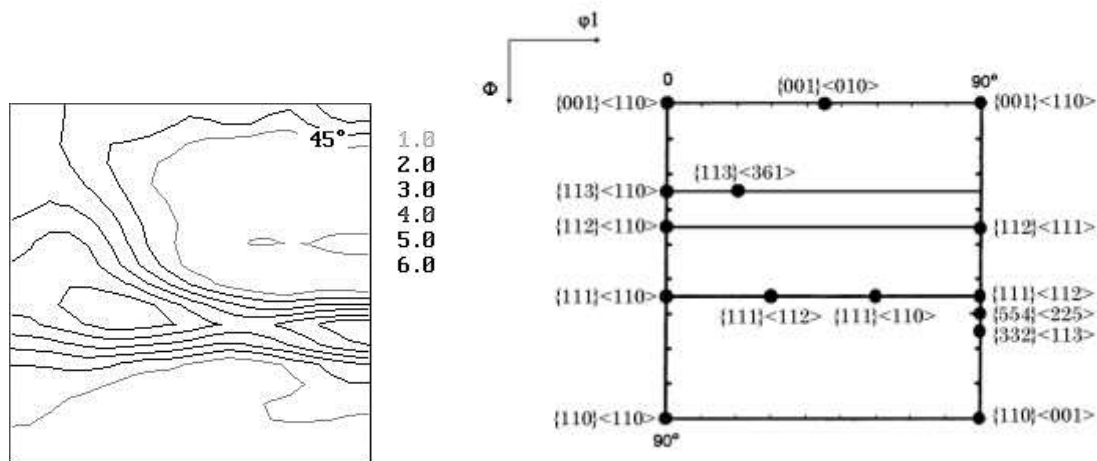


Рис.1. Сечение ФРО при $\varphi_2=45^\circ$ для контрольного листа после окончательной прокатки (а) и положение некоторых основных ориентировок в сечении пространства углов Эйлера при $\varphi_2=45^\circ$ (б).

Вид ФРО и значения ориентационной плотности изменяются при изменении вида деформации, а также после первичной рекристаллизации. Для того чтобы оценить количественно влияние растяжения и скорости деформации растяжением на количественный состав текстуры первичной рекристаллизации, была рассчитана объемная доля компонент $\{111\}\langle 112 \rangle$ и $\{113\}\langle 361 \rangle$ в этой текстуре, которые, как уже упоминалось выше, являются благоприятными для формирования острой ребровой текстуры в

результате вторичной рекристаллизации после высокотемпературного отжига в анизотропной электротехнической стали. На рис.2 приведена зависимость суммы этих компонент от скорости растяжения перед холодной прокаткой. Пунктиром обозначено соответствующее значение для контрольного образца.

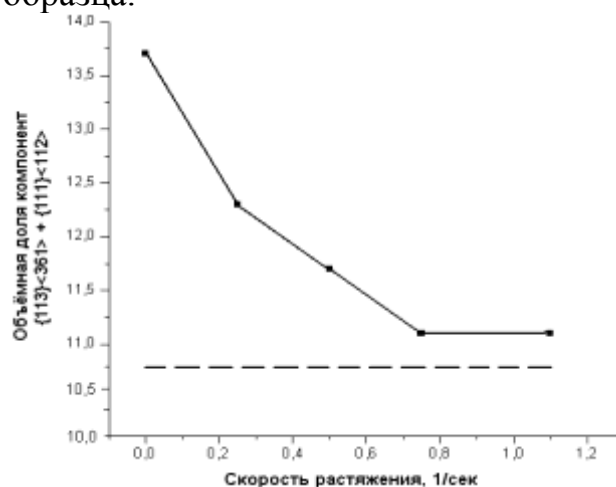


Рис.2. Зависимость суммы объемных долей компонент $\{111\}\langle 112 \rangle$ и $\{113\}\langle 361 \rangle$ в текстуре первичной рекристаллизации от скорости растяжения образцов перед холодной прокаткой.

Видно, что растяжение перед холодной прокаткой способствует увеличению количества благоприятных компонент в текстуре первичной рекристаллизации, в наибольшей степени – после растяжения с минимальной скоростью.

Была исследована также структура в рекристаллизованных образцах, подвергнутых медленному и быстрому растяжению. В табл.1 приведены значения среднего размера зерна на поверхности и в центре листа.

Таблица 1

Средний размер зерна в поперечном сечении после прокатки и рекристаллизации исследованных образцов, мкм

| Образец, скорость растяжения, 1/сек | Поверхность 1 | Центр | Поверхность 2 |
|-------------------------------------|---------------|-------|---------------|
| 0,00015 | 11,0 | 9,2 | 14,0 |
| 1,1 | 13,0 | 12,0 | 16,0 |

Без дополнительных исследований нельзя объяснить однозначно, почему растяжение с высокой скоростью приводит к большему размеру зерна. Движущей силой первичной рекристаллизации является запасенная энергия, обусловленная предшествующими процессами обработки. Величина запасенной энергии зависит от условий деформации – ее вида, скорости и величины. Однако вследствие гетерогенности процесса зарождения зерен, имеют значение не только средние свойства, такие как запасенная энергия, но и особенности микроструктуры потенциальных мест зарождения.